



PCT/CH 2005/000050

SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT  
CONFÉDÉRATION SUISSE  
CONFEDERAZIONE SVIZZERA

REC'D 07 FEB 2005  
WIPO PCT

**Bescheinigung**

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

**Attestation**

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

**Attestazione**

I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

**PRIORITY  
DOCUMENT**

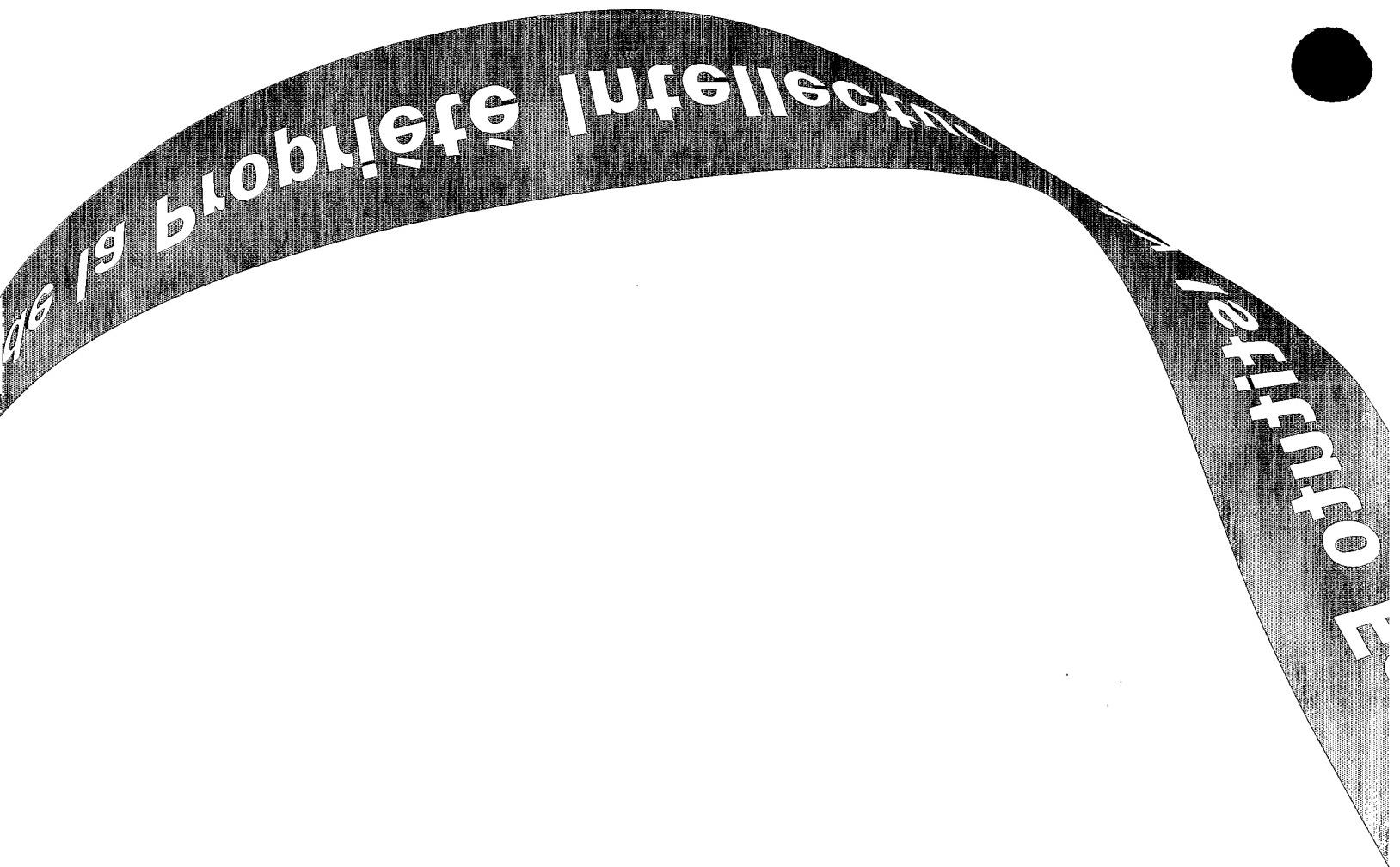
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Bern, 01. Feb. 2005

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum  
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle  
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Administration Patente  
Administration des brevets  
Amministrazione dei brevetti

Jenni Heinz



**Hinterlegungsbescheinigung zum Patentgesuch Nr. 00182/04 (Art. 46 Abs. 5 PatV)**

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

**Titel:**

Nockenwelle sowie Verfahren zum Herstellen einer solchen Nockenwelle.

**Patentbewerber:**

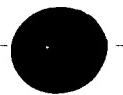
Karl Merz  
Höhenweg 14  
5734 Reinach AG

**Vertreter:**

Isler & Pedrazzini AG  
Gotthardstrasse 53  
8023 Zürich

Anmeldedatum: 06.02.2004

Voraussichtliche Klassen: B21D, F01L



**Unveränderliches Exemplar**  
**Exemplaire invariable**  
**Esemplare immutabile**

5

10

**BESCHREIBUNG**

15

**NOCKENWELLE SOWIE VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINER SOLCHEN  
NOCKENWELLE**

20

**TECHNISCHES GEBIET**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der gebauten Nockenwellen. Sie betrifft eine Nockenwelle gemäss dem Oberbegriff des 25 Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Nockenwelle gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 15.

**STAND DER TECHNIK**

30

Gebaute Nockenwellen werden im Unterschied zu geschmiedeten Nockenwellen dadurch hergestellt, dass die Nocken zunächst als separate Bauteile hergestellt

und anschliessend auf einer geeigneten Welle mit vorgegebenen Abständen und vorgegebener Orientierung befestigt werden. Sowohl die Herstellung der Nocken als auch ihre Befestigung auf der meist rohrförmigen Welle können auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen.

5

Aus der WO-A1-03/012262 ist es bekannt, Nocken durch Herstellen eines gezogenen Rohrprofils zu erzeugen, welches dann jeweils auf Nockenbreite abgeschnitten wird. Die so erzeugten Nocken werden dann auf eine meist hohle, rohrförmige Welle in axialer Richtung aufgeschoben und auf der Welle befestigt.

10

Dies kann durch unterschiedliche Fügeverfahren erfolgen, wie z.B. Laserschweissen, Aufweiten der hohlen Welle durch Innenhochdruckumformung (IHU) oder durch kraft- und formschlüssiges axiales Aufschieben auf einen Bereich der Welle, dessen Aussendurchmesser grösser ist als der Innendurchmesser der Nocke. Der Kraft- und Formschluss kann dabei durch

15

Erhebungen oder Vertiefungen im Grundkreisbereich der Nocke verbessert werden (Fig. 6 der WO-A1-03/012262). Durch die von der Kreisform abweichende Nockenform entsteht bei dieser Art der Nockenherstellung im Bereich der Erhebung der Nocke ein Hohlraum zwischen Welle und Nockeninnenseite, der die mechanische Stabilität der Nocke beeinträchtigen kann. In der WO-A1-03/012262

20

ist deshalb vorgeschlagen worden (Fig. 4), zur mechanischen Abstützung in diesem Hohlraum einen Stopfen anzubringen, oder den Hohlraum durch seitlich angeschweisste Deckel zu verschliessen. Weiterhin kann die Umschliessung (der Umschliessungswinkel) zwischen Nocke und Welle dadurch erhöht werden, dass beim als Nocke verwendeten Rohrabschnitt die Wanddicke in geeigneter Weise

25

variiert wird (Fig. 3). Aufwändig und unflexibel ist bei dieser Lösung jedoch die Art der Nockenherstellung: Da das Ausgangsmaterial bereits in Rohrform vorliegt, ist eine Bearbeitung der Rohrinnenseite zur Erzeugung von Erhebungen oder dgl. bzw. eine umformtechnische lokale Änderung der Wanddicke der Rohrwand zur Veränderung des Umschliessungswinkels mit grösseren Schwierigkeiten

30

verbunden. Zudem müssen aus ökonomischen Gründen Rohre mit mehreren Metern Länge und damit eine Vielzahl von Nocken gleichzeitig verarbeitet werden, wodurch die Fertigung weniger flexibel ist. Schliesslich ist es bei dem rohrförmigen

Ausgangsmaterial wesentlich aufwändiger, ein aus mehreren (z.B. gut härtbaren und gut schweißbaren) Schichten bestehendes Material herzustellen und zu verwenden, um die mechanischen Eigenschaften der Nockenwelle zu optimieren.

- 5 Aus der WO-A1-03/008842 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Nockenwelle bekannt, bei dem die Nocken aus wenigstens einem napfartigen Blechteil mit einem Boden gebildet werden. Im Boden ist eine Aufnahmeöffnung für eine rohrförmige Welle vorgesehen. Die Nocke wird auf der Welle mittels einer Hülse befestigt, die auf die Welle aufgeschoben ist und durch die Aufnahmeöffnung der Nocke hindurchreicht, und als Verbindungsglied zwischen Welle und Nocke wirkt. Die Hülse ist sowohl mit der Nocke als auch mit der Welle form-, kraft- und/oder materialschlüssig verbunden. Die Herstellung der Nocke ist einfach und flexibel. Die Befestigung der Nocke auf der Welle ist wegen der zwischengeschalteten Hülse jedoch vergleichsweise aufwändig und kompliziert.
- 15 Aus der DE-C1-101 50 093 ist ein Verfahren zur Herstellung von Nockenwellen bekannt, bei dem die Nockenringe zunächst in einem getrennten Verfahren funktionsgerecht hergestellt und dann mit einer Hohlwelle durch ein IHU-Verfahren kraft- und formschlüssig verbunden werden. Die Nocken sind zweischichtig 20 aufgebaut und bestehen aus zwei kraft- und formschlüssig miteinander verbundenen Ringen unterschiedlichen Materials. Der aus einem weichen, plastisch verformbaren Material bestehende innere Ring kann dabei im Bereich der Erhebung der Nocke dicker ausgebildet sein. Bei dieser Lösung sind ähnliche Nachteile vorhanden, wie bei der o.g. WO-A1-03/012262.
- 25 Aus der US-A-4,774,852 ist eine Nockenwelle bekannt, bei der eine aus Vollmaterial bestehende (z.B. gesinterte) Nocke mit einer kreisförmigen Durchgangsöffnung auf einer Hohlwelle mittels eines axial geschlitzten Zwischenrings befestigt wird. Diese Art der Nockenbefestigung hat sich in der 30 Praxis nicht durchgesetzt. Andere Arten der Befestigung von geschmiedeten oder gesinterten Nocken auf Hohlwellen erreichen eine form- und kraftschlüssige Verbindung zwischen den Nocken und der Welle dadurch, dass auf der Welle

- durch Umformungen (z.B. Aufrollen eines Nullsteigungsgewindes) abschnittsweise ein vergrösserter Aussendurchmesser erzeugt wird. Die vorgefertigte Nocke, deren Durchgangsöffnung zumindest partiell einen kleineren Durchmesser aufweist, wird dann auf den Wellenabschnitt mit vergrössertem
- 5 Aussendurchmesser axial aufgeschoben, wobei Verformungen an der Welle auftreten. Beispiele für derartige Befestigungsmethoden sind aus der US-A-5,598,631, der EP-B1-0 291 902, der US-A-5,307,708 oder der US-B2-6,502,538 bekannt. Nachteilig ist hierbei der aufwändige Prozess zur Herstellung der einzelnen Nocken.
- 10 Schliesslich ist es aus der WO-A1-01/98020 des Anmelders bekannt, Nocken für eine gebaute Nockenwelle aus geraden, länglichen Profilstreifen durch entsprechendes Biegen der Profilstreifen und Verschweissen der freien Enden herzustellen und die so hergestellten Nocken auf eine Hohlwelle aufzuschieben
- 15 und mit dieser mittels Laserschweissen oder Widerstandsschweissen stoffschlüssig zu verbinden. In diesem Zusammenhang ist vom Anmelder auch vorgeschlagen worden (WO-A1-02/100588), die Nocken selbst aus wenigstens zwei unterschiedlichen Materialien herzustellen, die für den jeweiligen Einsatzzweck (Kipphebel-Ablaufläche, Schweissverbindung) optimiert sind. Die
- 20 Herstellung der Nocken aus ein- oder mehrschichtigen Profilstreifen durch entsprechendes Biegen und Verschweissen der freien Enden stellt eine einfache, elegante, flexible, material- und kostensparende Fertigungsmethode dar, die erheblich zur Gewichtsverringerung und Verbilligung der gebauten Nockenwellen beiträgt. Darüber hinaus lassen sich mit dieser Methode auf einfache Weise
- 25 Nockenformen und Nockengruppen mit eng aufeinanderfolgenden, unterschiedlichen Laufflächen realisieren. Das Verschweissen der gebogenen und verschweissten Nocken mit der Hohlwelle erfordert allerdings einen vergleichsweise grossen apparativen Aufwand und stellt hohe Anforderungen an die Prozessführung.

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Nockenwelle sowie ein Verfahren zu deren Herstellung anzugeben, welche die Vorteile der aus Profilstreifen

- 5 hergestellten Nocken mit einer vereinfachten Befestigungstechnik kombinieren.

Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale der Ansprüche 1 und 15 gelöst. Der Kern der Erfindung besteht darin, eine gebaute Nockenwelle dadurch herzustellen, dass einzelne Nocken, die jeweils aus einem oder mehreren

- 10 Profilstreifen durch Umformen, insbesondere Biegen, in Ringform und Verschweissen der freien Enden hergestellt worden sind, durch axiales Aufschieben auf eine Welle form- und/oder kraftschlüssig mit der Welle zu verbinden. Dabei ist zu bedenken, dass die Nocken wegen der Art der Herstellung aus einem Profilstreifen in der Regel auf der Welle einen Umschliessungswinkel

- 15 haben, der deutlich kleiner ist als  $360^\circ$ . Damit steht nicht nur für den Form- und/oder Kraftschluss mit der Welle in der Regel weniger Umfangsfläche zur Verfügung, sondern es existiert auch im Bereich der Erhebung der Nocke ein Hohlraum zwischen der Innenwand der Nocke und der Welle, so dass die Nocke in diesem Bereich mechanisch weniger stabil ist. Es müssen daher je nach Art und  
20 Grösse der an der Nocke angreifenden Kräfte zusätzliche Massnahmen vorgesehen werden, um eine unerwünschte Verformung oder sogar Beschädigung der Nocke im Betrieb zu vermeiden.

- Gemäss einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Welle rohrförmig  
25 ausgebildet. Hierdurch wird nicht nur Material eingespart, sondern auch das Gewicht und Trägheitsmoment der fertigen Nockenwelle deutlich verringert.

- Eine andere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet,  
dass die Welle in den Abschnitten, in denen die Nocken platziert sind, einen  
30 vergrösserten Aussendurchmesser aufweist, wobei insbesondere in den Abschnitten mit dem vergrösserten Aussendurchmesser umlaufende Wülste in die

Welle eingearbeitet sind. Durch diese Massnahmen wird auf einfache Weise eine sichere Befestigung der Nocken erreicht.

- Im Zusammenhang mit der Vergrösserung des Aussendurchmessers wird ein
- 5 besonders belastbarer drehfester Sitz der Nocken dadurch erreicht, dass die Nocken auf der Ringinnenseite Mittel zur Erzeugung eines Formschlusses mit der Welle aufweisen, welche Mittel insbesondere radial nach innen abstehende Vorsprünge oder Rippen umfassen. Diese Vorsprünge oder Rippen graben sich beim Aufschieben der Nocken auf die Welle in Bereiche mit vergrössertem
- 10 Aussendurchmesser ein und bewirken so einen besonders effektiven Formschluss.

- Die freien Enden der Nocken sind vorzugsweise mittels Widerstandsschweissen verschweisst. Die bei der Widerstandsschweissung entstehenden Wülste um die
- 15 Schweissnaht herum müssen zumindest auf der Aussenseite durch Nachbearbeitung entfernt werden. Auf der Innenseite der Nocken können die Wülste als Mittel zum Herbeiführen eines Formschlusses eingesetzt werden. Soll dies nicht geschehen, können die Wülste dadurch neutralisiert werden, dass die Nocken im Bereich der Schweissnaht auf der Ringinnenseite eine Aussparung
- 20 aufweisen, welche die beim Schweißen gebildete Wulst aufnimmt.

- Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der erfinderischen Nockenwelle ist dadurch gekennzeichnet, dass die Nocken aus einem Profilstreifen mit einer über die Streifenlänge variierenden Dicke hergestellt sind, derart, dass die Nocken die
- 25 Welle mit einem Umschliessungswinkel umschließen, welcher grösser ist als der bei gleichbleibender Streifendicke des Profilstreifens durch die Nockenform vorgegebene Umschliessungswinkel, und insbesondere  $360^\circ$  beträgt. Dabei kann der Profilstreifen zwei symmetrisch zu einer Mittelebene angeordnete Schultern oder in der Mitte eine Verdickung aufweisen. Die Vergrösserung des
- 30 Umschliessungswinkels ergibt eine verbesserte form- und/oder kraftschlüssige Verbindung zwischen den Nocken und der Welle.

Eine andere bevorzugte Ausgestaltung der Nockenwelle nach der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Nocken aus einem Profilstreifen konstanter

- Dicke hergestellt sind, und dass durch einen Umformprozess auf der Ringinnenseite der Nocke der Umschliessungswinkel (UW) vergrössert,  
5 insbesondere auf  $360^\circ$  gebracht wird. Dies geschieht insbesondere dadurch, dass die Nocken auf der Ringinnenseite im Bereich der Erhebung mit einem Eindruck versehen sind.

Um schliesslich die Nocken optimal an die jeweiligen Bedingungen anzupassen,

- 10 kann es von Vorteil sein, wenn die Nocken aus einem Profilstreifen hergestellt sind, welcher zwei übereinanderliegende Schichten unterschiedlichen Materials aufweist.

Eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemässen Verfahren zeichnet sich

- 15 dadurch aus, dass die Welle zunächst in einem für den Sitz einer Nocke vorbestimmten Abschnitt im Aussendurchmesser vergrössert wird, und dass anschliessend die zugehörige Nocke auf diesen Abschnitt der Welle aufgeschoben wird. Insbesondere werden dabei zur Vergrösserung des Aussendurchmessers durch einen Rollvorgang umlaufende Wülste auf der Welle  
20 erzeugt.

Besonders vorteilhaft bezüglich der Nockenbefestigung ist es, wenn beim

Umformen der Profilstreifen in die Nocken durch einen zusätzlichen

Umformschritt, insbesondere durch Einprägen eines Eindrucks, im Bereich der

- 25 Erhebung der Nocke Material in axialer Richtung nach aussen transportiert und dort aufgeworfen wird, derart, dass die fertige Nocke die Welle mit einem Umschliessungswinkel von  $360^\circ$  umschliesst. Der zusätzliche Umformschritt wird vorzugsweise nach der umformtechnischen Ausbildung der Erhebung der Nocke vorgenommen.

30

Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.



## KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im

5 Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 in einer perspektivischen Darstellung einer gesinterten oder  
geschmiedeten Nocke nach dem Stand der Technik;

10 Fig. 2 in einer perspektivischen Darstellung eine Welle aus dem Stand  
der Technik in Form eines Rohres mit einem im  
Aussendurchmesser vergrösserten Bereich zur Aufnahme von  
Nocken der in Fig. 1 dargestellten Art;

15 Fig. 3 in der Seitenansicht den durch aufgerollte Wülste im  
Aussendurchmesser vergrösserten Bereiche der Welle aus Fig. 2;

Fig. 4 die Welle aus Fig. 2 mit einer ersten aufgeschobenen Nocke  
gemäß Fig. 1;

20 Fig. 5 die Welle aus Fig. 3 mit einer zweiten aufgeschobenen Nocke  
gemäß Fig. 1, die eine Nockenwelle mit aufgeschobenen Nocken  
nach dem Stand der Technik bildet;

25 Fig. 6 in Seitenansicht ein Profilstreifen, welcher den Ausgangspunkt für  
die an sich bekannte Fertigung einer biege- und prägetechnisch  
hergestellten, geschweissten Nocke bildet;

30 Fig. 7 eine erste Umformvorrichtung, in welcher in einem ersten  
Umformungsvorgang in den Profilstreifen die Nockenform  
eingeformt wird;



- Fig. 8 eine zweite Umformvorrichtung, in welcher die freien Enden des gemäss Fig. 7 geprägten Profilstreifens zu einem geschlossenen Ring gebogen werden;
- 5 Fig. 9 eine Schweißvorrichtung, in welcher die unverbundenen Enden des gebogenen Rings aus Fig. 8 mittels Widerstandsschweißung miteinander verschweisst werden;
- 10 Fig. 10 die Umschließung der Welle durch eine gemäss Fig. 6 - 9 hergestellte Nocke;
- Fig. 11 die für eine vollständige Umschließung notwendige Ergänzungsfläche;
- 15 Fig. 12 eine gemäss Fig. 6 – 9 hergestellte Nocke mit axialen Rippen zur Verbesserung der drehfesten Befestigung der Nocke auf der Welle;
- 20 Fig. 13 einen speziell geformten Profilstreifen (Fig. 13A) und die daraus gemäss Fig. 6 – 9 gebildete Nocke mit Ergänzungsfläche (Fig. 13B);
- Fig. 14 einen speziell geformten Profilstreifen (Fig. 14A) und die daraus gemäss Fig. 6 – 9 gebildete Nocke mit verkleinerter Ergänzungsfläche (Fig. 13B);
- 25 Fig. 15 zwei Profilstreifen aus einem einheitlichen Material (Fig. 15A) und einem zweischichtigen Material (Fig. 15B) zur Herstellung einer Nocke durch Prägen, Biegen und Schweißen;
- 30 Fig. 16 den zu Fig. 7 identischen Umformvorgang in der ersten Umformvorrichtung;

- Fig. 17-19 die neuartige Umformung des vorgeprägten Profilstreifens mittels eines speziellen Umformwerkzeugs (Fig. 18), das im Innenbereich der Nockenerhebung Material in axialer Richtung nach aussen verdrängt und so die Ergänzungsfläche beidseitig ausfüllt;
- 5
- Fig. 20 den zu Fig. 8 analogen Biegevorgang des vorgeprägten und umgeformten Profilstreifens ;
- 10 Fig. 21 den zu Fig. 9 analogen Schweißvorgang des zum Ring gebogenen Profilstreifens;
- 15 Fig. 22 in einer zu Fig. 1 analogen Darstellung eine gemäss Fig. 15 – 21 hergestellte Nocke mit ausgefülltem Hohlraum;
- Fig. 23 das Aufschieben der Nocke aus Fig. 22 auf eine Welle gemäss Fig. 2; und
- 20 Fig. 24 in einer Schnittdarstellung die Volumenverhältnisse bei der Umformung gemäss Fig. 17 – 19.

## WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

25 In Fig. 1-5 sind verschiedene Schritte eines Verfahrens zum Herstellen einer gebauten Nockenwelle wiedergegeben, wie es aus dem Stand der Technik, z.B. der Druckschrift US-A-4,947,547, bekannt ist. Zunächst werden Nocken 10 der in Fig. 1 dargestellten Art durch einen pulvermetallurgischen Prozess (Sintern) hergestellt. Sie können aber auch gegossen oder geschmiedet sein. Die 30 ringförmigen Nocken 10 haben eine kreisförmige Ausnehmung 11, durch welche eine Welle 13 gemäss Fig. 2 gesteckt werden kann. Die Steuerfunktion der Nocke

10 wird durch eine einseitige Erhebung 49 bewirkt, die beim Abfahren der äusseren Ablauffläche durch ein Steuerelement, z.B. einen Kipphebel, ein Anheben des Steuerelements zur Folge hat. Auf der Ringinnenseite, d.h., auf der Begrenzungsfläche der Ausnehmung 11 sind über den Umfang verteilt mehrere, 5 sich in axialer Richtung erstreckende Vorsprünge oder Rippen 12 angeordnet, die eine wesentliche Bedeutung für die formschlüssige Verbindung zwischen Nocke 10 und Welle 13 haben. Die Nocke 10 ist aus Vollmaterial, d.h., es gibt keine Hohlräume zwischen der äusseren Ablauffläche und der kreisförmigen Ausnehmung 11. Sitzt die Nocke 10 auf der Welle 13, umschliesst sie die Welle 13 10 vollständig. Der Umschliessungswinkel beträgt  $360^\circ$ . Entsprechend steht die gesamte Begrenzungsfläche der Ausnehmung 11 für den Kraft- und/oder Formschluss mit der Welle 13 zur Verfügung.

Die in Fig. 2 gezeigte Welle 13 ist zur Gewichts- und Materialersparnis 15 vorzugsweise als Hohlwelle ausgebildet, die sich entlang einer Achse 51 erstreckt. Es ist aber auch eine Vollwelle denkbar. Um die Nocke 10 kraft- und formschlüssig auf der Welle zu befestigen, wird zunächst auf einem Abschnitt der Welle 13, welcher der späteren Position der Nocke zugeordnet ist, durch einen Umformprozess eine lokale Vergrösserung des Aussendurchmessers der Welle 20 13 durchgeführt. Hierzu wird vorzugsweise ein Nullsteigungsgewinde auf die Welle 13 aufgerollt, das sich durch eine Mehrzahl von parallelen, umlaufenden Wülsten 14 auszeichnet (Fig. 3). Gewinde mit endlicher Steigung sind ebenfalls denkbar. Andere mögliche Arten der lokalen Durchmesservergrösserung sind in der US-A- 25 5,598,631 beschrieben. Der vergrösserte Aussendurchmesser ist annähernd gleich dem Innendurchmesser der Ausnehmung 11 der Nocke 10. Die Höhe der Vorsprünge 12 ist so gewählt, dass der zwischen gegenüberliegenden Vorsprüngen gemessene Abstand etwas grösser als der unveränderte Aussendurchmesser der Welle ist.

30 Auf die so vorbereitete Welle 13 wird dann die Nocke 10 in axialer Richtung aufgeschoben. Erreicht die Nocke 10 den Abschnitt mit der lokalen Durchmesservergrösserung, schneiden sich die Vorsprünge 12 in die Wülste 14

des Nullsteigungsgewindes ein und stellen so einen Formschluss zwischen Welle 13 und Nocke 10 her. Nachdem die eine Nocke 10 auf die beschriebene Weise auf der Welle 13 befestigt ist, wird für die nächste Nocke (10' in Fig. 5) ein weiterer Wellenabschnitt mit Wülsten 15 versehen (Fig. 4) und so im Aussendurchmesser 5 vergrössert. Auf diesen Abschnitt wird dann gemäss Fig. 5 die nächste Nocke 10' aufgeschoben und befestigt. Dieses Verfahren wird schrittweise wiederholt, bis die gewünschte Anzahl Nocken in der gewünschten Orientierung auf der Welle 13 befestigt sind. Die so gebaute Nockenwelle 16 kann dann für ihren endgültigen Einsatz nachbearbeitet (gerichtet, geschliffen etc.) werden.

10

Wie bereits eingangs erwähnt, ist es aus der WO-A1-01/98020 bekannt, Nocken für gebaute Nockenwellen durch Biegen und Schweißen aus einem Profilstreifen herzustellen. Die prinzipiellen Schritte dazu sind in den Fig. 6-9 schematisch wiedergegeben. Ausgangspunkt der Nockenherstellung ist ein Profilstreifen 17 mit 15 einem im wesentlichen rechteckigen Querschnitt der in Fig. 6 dargestellten Art. Der Profilstreifen 17 kann aus einem einzigen Material, z.B. einem Oberflächenhärtbaren Stahl, bestehen. Er kann aber auch zur Optimierung der Eigenschaften mehrschichtig aufgebaut sein (siehe Fig. 15B). Besteht der Profilstreifen aus einem einzigen Material, ist es besonders kostengünstig, in umformtechnisch, 20 insbesondere walztechnisch, aus einem runden Draht zu erzeugen, weil drahtförmiges Material in der Regel zum niedrigsten Preis angeboten wird.

Der gerade Profilstreifen 17 wird gemäss Fig. 7 in einem ersten Umformungsschritt in einer ersten Umformvorrichtung 20, die im wesentlichen aus 25 einer Form 18 und einem Umformwerkzeug 19 besteht, durch Biegen umgeformt. Dabei wird die spätere Erhebung der Nocke ausgebildet. Das V-förmige Zwischenprodukt wird dann in einer zweiten Umformvorrichtung 24 gemäss Fig. 8, die im wesentlichen aus einer Halterung 21, einem Dorn oder Biegekern 25 und zwei Umformwerkzeugen 22, 23 besteht, einem zweiten Umform- bzw. 30 Biegeprozess unterworfen. Dabei werden die Schenkel des V-förmigen Zwischenprodukts mittels der Umformwerkzeuge 22, 23 so um den Dorn 25 gebogen, dass die freien Enden mit den Stirnseiten aneinander stossen und sich

- ein geschlossener Ring bildet. Der geschlossene Ring wird dann an der Stossfuge verschweisst. Hierzu wird der Ring beispielsweise in eine Schweissvorrichtung 26 gemäss Fig. 9 eingelegt und mittels der beiden mit Druck aufeinander zu bewegten Elektroden bzw. Druckstempel 27, 28 durch eine
- 5 Widerstandsschweissung verschweisst. Beim Widerstandsschweissen bildet sich um die Schweissnaht 29 herum ein Wulst 31, der eine Nacharbeitung der Schweissstelle erforderlich macht.

Wird eine derartig gefertigte Nocke 30 gemäss Fig. 10 durch axiales Aufschieben  
10 auf eine Welle 13 kraft- und/oder formschlüssig mit der Welle verbunden, ergibt sich unterhalb der Erhebung 49 der Nocke 30 ein Hohlraum 33 (Fig. 11). Der Umschliessungswinkel UW (Fig. 10) beträgt dann deutlich weniger als 360°. Entsprechend ist nur ein Teil der Ringinnenfläche der Nocke 30 am Kraft- und/oder Formschluss mit der Welle 13 beteiligt. Um den Kraft- und Formschluss  
15 zu verbessern und trotz der verringerten Fläche eine gute Festigkeit der Verbindung zwischen Nocke 30 und Welle 13 zu erhalten, können auf der Ringinnenseite zusätzliche Mittel wie z.B. über den Umfang verteilt angeordnete Vorsprünge (vergleichbar zu den Vorsprüngen 12 in Fig. 1) oder Rippen 32 (Fig. 12) vorgesehen werden. Diese Mittel lassen sich durch geeignete Massnahmen  
20 beim Umformen der Profilstreifen zu den Nocken umformtechnisch auf der Ringinnenseite erzeugen. Die Verformbarkeit der Nocke 30 im Bereich des Hohlraums kann dadurch allerdings nicht beeinflusst werden.

Eine weitere Möglichkeit der Verbesserung des Kraft- und/oder Formschlusses  
25 zwischen der Welle und der aufgeschobenen Nocke besteht darin, den Umschliessungswinkel UW durch geeignete Formgebung der Profilstreifen mit einer variierenden Streifendicke zu vergrössern oder sogar auf volle 360° zu bringen. Zwei Beispiele für derartige Formgebungen sind in den Fig. 13 und 14 wiedergegeben. In Fig. 13 wird aus einem Profilstreifen 34 (Fig. 13A), der in der  
30 Mitte eine zur Mittellinie symmetrische Verdickung 35 aufweist, durch Biegen und Verschweissen eine Nocke 36 (Fig. 13B) erzeugt, die keinen Hohlraum zwischen der Erhebung 49 und der Welle aufweist und einen Umschliessungswinkel von

vollen  $360^\circ$  hat. Die Nocke 36 hat damit weitgehend dieselben mechanischen und Festigkeitseigenschaften wie die herkömmliche Nocke 10 aus Fig. 1. Auch der Form- und Kraftschluss mit der Welle ist vergleichbar mit der Nocke 10 aus Fig. 1. Entsprechend ist auch die Wirkung der Vorsprünge 12 auf der Ringinnenseite.

5

In Fig. 14 wird aus einem Profilstreifen 34' (Fig. 14A), der in der Mitte zwei symmetrisch zur Mittellinie angeordnete Schultern 37, 38 aufweist, durch Biegen und Verschweißen eine Nocke 36' (Fig. 14B) erzeugt, deren Hohlraum gegenüber der Nocke 30 aus Fig. 10 verkleinert und deren Umschliessungswinkel vergrössert ist. Selbstverständlich können auch bei dieser Nocke 36' auf der Ringinnenseite zusätzliche Mittel zur Verbesserung des Kraft- und Formschlusses vorgesehen werden. Weiterhin können am Profilstreifen 34' an den Enden Aussparungen 39, 40 (in Fig. 14 gestrichelt eingezeichnet) vorgesehen werden, die sich bei der fertigen Nocke 36' zu einer Aussparung 41 im Bereich der Schweißnaht 29 addieren. Durch diese Aussparung 41 wird Platz für die beim Widerstandsschweißen auf der Ringinnenseite entstehenden Wülste (31 in Fig. 9) geschaffen. Eine (aufwändige) Nachbearbeitung der Schweißnaht auf der Ringinnenseite kann auf diese Weise entfallen.

20 Besonders vorteilhaft ist ein Verfahren zum Herstellen einer gebauten Nockenwelle, bei dem aus einem flachen Profilstreifen konstanter Dicke durch Biegen und anschliessendes Verschweißen eine Nocke erzeugt wird, die einen Umschliessungswinkel von  $360^\circ$  aufweist. Der volle Umschliessungswinkel wird dabei durch einen zusätzlichen, zwischengeschalteten Umformungsprozess erreicht, bei dem Nockenmaterial aus dem Bereich unterhalb der Erhebung verdrängt und axial nach aussen gedrückt wird, um dort den Hohlraum zwischen Nocke und Welle zu füllen und den Umschliessungswinkel auf  $360^\circ$  zu ergänzen. Die einzelnen Schritte des Verfahrens sind in den Figuren 15-23 wiedergegeben. Ausgegangen wird gemäss Fig. 15 von flachen Profilstreifen 17 bzw. 17' konstanter Dicke. Die Profilstreifen können aus einem einzigen Material sein (Profilstreifen 17 in Fig. 15A) oder mehrschichtig aufgebaut sein (Profilstreifen 17'

in Fig. 15B mit den Schichten 17a, 17b. Die Schichten 17a, 17b können beispielsweise ähnlich gewählt sein, wie in der WO-A1-02/100588.

In einem ersten Umformungsschritt wird der Profilstreifen 17 bzw. 17' in einer  
5 ersten Umformvorrichtung 20 mittels eines ersten Umformwerkzeugs 19 (Stempel) und einer Form so gebogen, dass die spätere Erhebung 49 der Nocke gebildet wird. Dieser Umformschritt ist analog zu dem in Fig. 7 gezeigten Vorgang. Der so gebogene Profilstreifen 17, 17' wird nun in derselben Form 18 in einer zweiten Umformvorrichtung 42 einem zweiten, zusätzlichen Umformschritt unterworfen  
10 (Fig. 17, 19), bei dem ein zweites Umformwerkzeug 43 (Prägestempel) prägend auf die Innenseite des gebogenen Profilstreifens 17, 17' gedrückt wird. Wie aus der perspektivischen Darstellung der Fig. 18 ersichtlich ist, hat das zweite Umformwerkzeug 43 an seiner Oberseite ein nach oben herausstehendes Kopfteil 44, an das seitlich zwei tieferliegende, kreisbogenförmige Schultern 47, 48  
15 anschliessen. Der Krümmungsradius der Schultern 47, 48 ist so gewählt, dass er dem Radius der Ausnehmung einer die Welle umschliessenden Nocke gleicht.

Durch das Kopfteil 44 des zweiten Umformwerkzeugs 43 wird nun gemäss Fig. 19 im Bereich der späteren Erhebung 49 der Nocke ein Eindruck 45 (Fig. 20-22, 24)  
20 erzeugt. Durch den Eindruck 45 wird – wie dies an dem in Fig. 24 dargestellten Nockenquerschnitt entlang der Fläche X der in Fig. 22 gezeigten fertigen Nocke 46' zu erkennen ist – Nockenmaterial des Volumens V3 aus der Mitte axial nach aussen verdrängt und dort zu Wänden mit den Volumina V1 und V2 aufgeworfen. Radial nach innen zu werden diese Wände beim Umformprozess begrenzt durch  
25 die Schultern 47, 48 des zweiten Umformwerkzeugs 43. Auf diese Weise wird an den Seiten der Nocke der in Fig. 11 dargestellte Hohlraum 33 geschlossen. Durch die aufgeworfenen Wände wird die Nocke im Bereich der Erhebung 49 mechanisch stabilisiert. Zugleich wird in den Randbereichen der Nocke ein Umschliessungswinkel von vollen 360° erreicht, der eine vorteilhafte  
30 Verbesserung des Kraft- und/oder Formschlusses zwischen Welle und Nocke zur Folge hat.

Der im zweiten Umformschritt umgeformte und mit dem Eindruck 45 versehene Profilstreifen wird in einem dritten Umformschritt gemäss Fig. 20 in einer dritten Umformvorrichtung 24 zu einem geschlossenen Ring gebogen, dessen freie Enden stirnseitig aneinanderstossen. Dieser Umformschritt ist analog zu dem in 5 Fig. 8 gezeigten, mit dem Unterschied, dass nunmehr um einen Dorn 25' mit kreisrundem Querschnitt gebogen werden kann. Schliesslich wird der so geschlossene Nockenring gemäss Fig. 21 in Analogie zu Fig. 9 mittels Widerstandsschweissen verschweisst. Diese resultierende Nocke 46 zeichnet sich durch eine kreisrunde Ausnehmung aus, mit der sie auf eine Welle geschoben 10 werden kann. Selbstverständlich können bei einer solchen Nocke auf der Ringinnenseite auch wieder Mittel zur Verbesserung des Formschlusses wie z.B. Vorsprünge 12 eingeformt werden. Es resultiert dann eine Nocke 46' gemäss Fig. 22, die dann gemäss Fig. 23 zur Bildung einer Nockenwelle 50 auf eine Welle 13 geschoben und durch Form- und/oder Kraftschluss befestigt werden kann.

15

Die Erfindung ist vorgängig anhand von Ausführungsbeispielen erläutert worden, bei denen die Nocken aus einem einzigen, langen Profilstreifen durch Biegen und anschliessendes Verschweissen gebildet worden sind. Selbstverständlich können die Nocken auch aus mehreren kürzeren Profilstreifen gebildet bzw. 20 zusammengesetzt werden, die untereinander an den freien Enden verschweisst werden.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

25	10,10'	Nocke (gesintert, geschmiedet)
	11	Ausnehmung
	12	Vorsprung
	13	Welle (insbesondere Rohr)
	14,15	Wulst
30	16	Nockenwelle
	17,17'	Profilstreifen
	17a,17b	Schicht

	18	Form
	19	Umformwerkzeug
	20	Umformvorrichtung
	21	Halterung
5	22,23	Umformwerkzeug
	24	Umformvorrichtung
	25	Dorn
	26	Schweissvorrichtung (Widerstandsschweißen)
	27,28	Elektroden (Druckstempel)
10	29	Schweissnaht
	30,30'	Nocke (gebogen, geschweisst)
	31	Wulst
	32	Rippe
	33	Hohlraum
15	34,34'	Profilstreifen
	35	Verdickung
	36,36'	Nocke (gebogen, geschweisst)
	37,38	Schulter
	39,40,41	Aussparung
20	42	Umformvorrichtung
	43	Umformwerkzeug
	44	Kopfteil
	45	Eindruck
	46,46'	Nocke (gebogen, geschweisst)
25	47,48	Schulter
	49	Erhebung
	50	Nockenwelle
	51	Achse
	D	Dicke
30	UW	Umschliessungswinkel
	V1,..,V3	Volumen



## PATENTANSPRÜCHE

1. Nockenwelle (50), umfassend eine Welle (13), auf welche eine oder  
5 mehrere ringförmige Nocken (30, 30'; 36, 36'; 46, 46') aufgeschoben und durch  
Form- und/oder Kraftschluss befestigt sind, dadurch gekennzeichnet, dass die  
Nocken (30, 30'; 36, 36'; 46, 46') aus einem oder mehreren Profilstreifen (17, 17';  
34, 34') durch Umformen, insbesondere Biegen, in Ringform und Verschweissen  
der freien Enden hergestellt sind.

10

2. Nockenwelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle  
(13) rohrförmig ausgebildet ist.

3. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch  
15 gekennzeichnet, dass die Welle (13) in den Abschnitten, in denen die Nocken (30,  
30'; 36, 36'; 46, 46') platziert sind, einen vergrösserten Aussendurchmesser  
aufweist.

4. Nockenwelle nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass in den  
20 Abschnitten mit dem vergrösserten Aussendurchmesser umlaufende Wülste (14,  
15) in die Welle (13) eingearbeitet sind.

5. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Nocken (30', 46') auf der Ringinnenseite Mittel (12, 32)  
25 zur Erzeugung eines Formschlusses mit der Welle (13) aufweisen.

6. Nockenwelle nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel  
zur Erzeugung eins Formschlusses radial nach innen abstehende Vorsprünge (12)  
oder Rippen (32) umfassen.

30

7. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die freien Enden der Nocken (30, 30'; 36, 36'; 46, 46') mittels Widerstandsschweissen verschweisst sind.

5        8. Nockenwelle nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Nocken im Bereich der Schweißnaht (29) auf der Ringinnenseite eine Aussparung (41) aufweisen, welche die beim Schweißen gebildete Wulst (31) aufnimmt.

10        9. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Nocken (36, 36') aus einem Profilstreifen (34, 34') mit einer über die Streifenlänge variierenden Dicke hergestellt sind, derart, dass die Nocken (36, 36') die Welle (13) mit einem Umschliessungswinkel (UW) umschließen, welcher grösser ist als der bei gleichbleibender Streifendicke des  
15 Profilstreifens durch die Nockenform vorgegebene Umschliessungswinkel, und insbesondere 360° beträgt.

20        10. Nockenwelle nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Profilstreifen (34') zwei symmetrisch zu einer Mittelebene angeordnete Schultern (37, 38) aufweist.

11. Nockenwelle nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Profilstreifen (34) in der Mitte eine Verdickung (35) aufweist.

25        12. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Nocken (46, 46') aus einem Profilstreifen (17, 17') konstanter Dicke hergestellt sind, und dass durch einen Umformprozess auf der Ringinnenseite der Nocke der Umschliessungswinkel (UW) vergrössert, insbesondere auf 360° gebracht wird.



13. Nockenwelle nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Nocken (46, 46') auf der Ringinnenseite im Bereich der Erhebung (49) einen Eindruck (45) aufweisen.

5        14. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Nocken (30, 30'; 36, 36'; 46, 46') aus einem Profilstreifen (17') hergestellt sind, welcher zwei übereinanderliegende Schichten (17a, 17b) unterschiedlichen Materials aufweist.

10        15. Verfahren zum Herstellen einer Nockenwelle nach Anspruch 1, bei welchem Verfahren Nocken (30, 30'; 36, 36'; 46, 46') aus einem oder mehreren Profilstreifen (17, 17'; 34, 34') durch Biegen und anschliessendes Verschweißen der freien Enden hergestellt und dann auf einer Welle (13) an einem vorgegebenen Platz und in einer vorgegebenen Ausrichtung befestigt werden,  
15        dadurch gekennzeichnet, dass die Nocken (30, 30'; 36, 36'; 46, 46') durch Aufschieben auf die Welle (13) form- und/oder kraftschlüssig mit der Welle (13) verbunden werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle (13) zunächst in einem für den Sitz einer Nocke vorbestimmten Abschnitt im Aussendurchmesser vergrössert wird, und dass anschliessend die zugehörige Nocke auf diesen Abschnitt der Welle (13) aufgeschoben wird.

25        17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass zur Vergrösserung des Aussendurchmessers durch einen Rollvorgang umlaufende Wülste (14, 15) auf der Welle (13) erzeugt werden.

30        18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung der Nocken (36, 36') ein Profilstreifen (34, 34') verwendet wird, welcher eine variierende Dicke aufweist, derart, dass die Nocken (36, 36') die Welle (13) mit einem Umschliessungswinkel (UW) umschließen, welcher grösser ist als der bei gleichbleibender Streifendicke des



Profilstreifens durch die Nockenform vorgegebene Umschliessungswinkel, und insbesondere 360° beträgt.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch

- 5 gekennzeichnet, dass durch einen Umformprozess auf der Ringinnenseite der Nocken (30', 46') Mittel (12, 32) zur Erzeugung eines Formschlusses mit der Welle (13) erzeugt werden, welche insbesondere radial nach innen abstehende Vorsprünge (12) oder Rippen (32) umfassen.

10 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch

gekennzeichnet, dass beim Umformen der Profilstreifen (17, 17') in die Nocken (46, 46') durch einen zusätzlichen Umformschritt, insbesondere durch Einprägen eines Eindrucks (45), im Bereich der Erhebung (49) der Nocke (46, 46') Material in axialer Richtung nach aussen transportiert und dort aufgeworfen wird, derart, dass 15 die fertige Nocke (46, 46') die Welle (13) mit einem Umschliessungswinkel von 360° umschliesst.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der

zusätzliche Umformschritt nach der umformtechnischen Ausbildung der Erhebung

- 20 der Nocke (46, 46') vorgenommen wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch

gekennzeichnet, dass die Profilstreifen (17, 17'; 34, 34') aus einem runden Draht umformtechnisch, insbesondere walztechnisch, erzeugt werden.

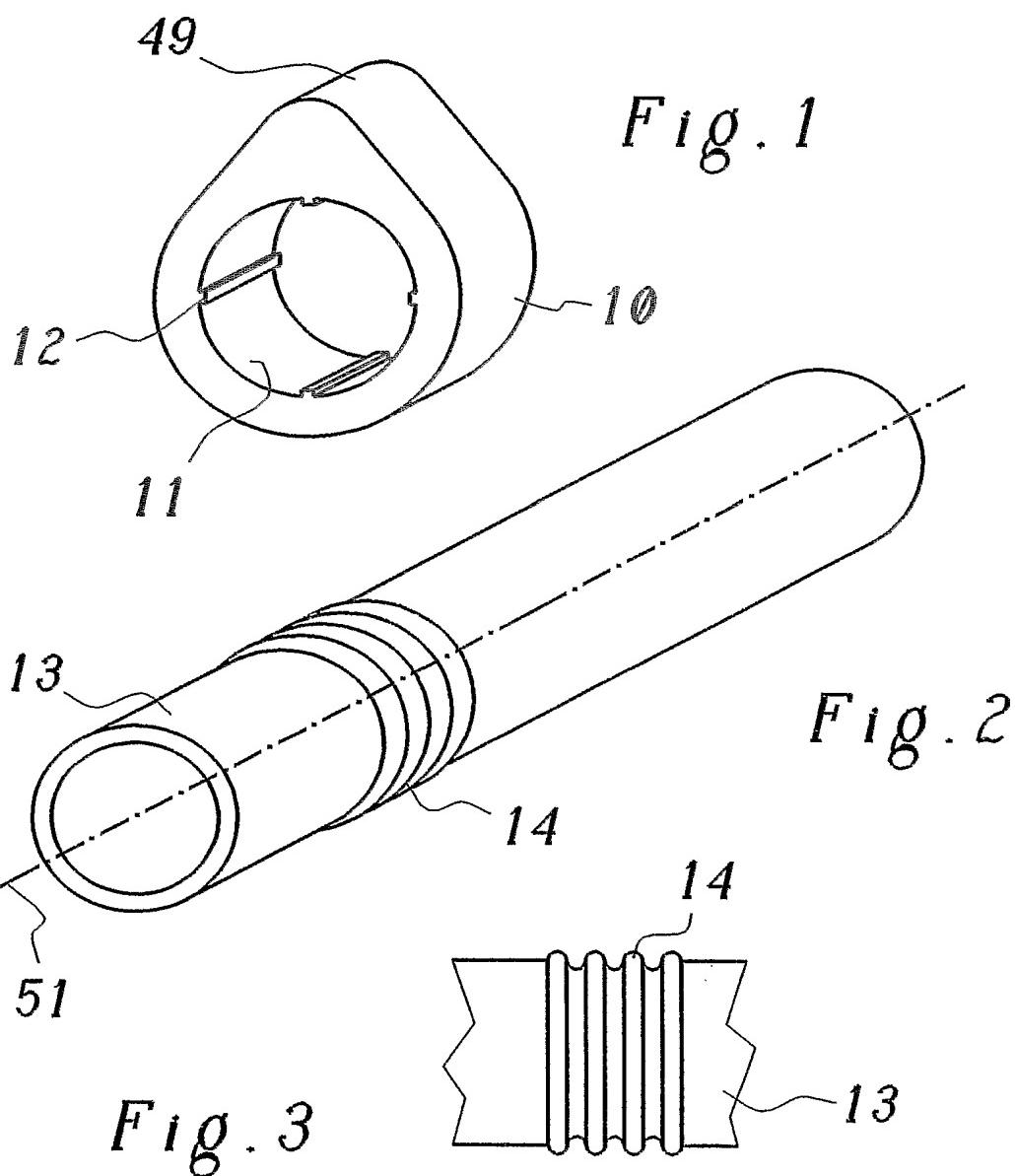


## ZUSAMMENFASSUNG

Eine Nockenwelle (50), umfasst eine Welle (13), auf welche eine oder mehrere  
5 ringförmige Nocken (46') aufgeschoben und durch Form- und/oder Kraftschluss  
befestigt sind.

Eine besonders kostengünstige, einfache und flexible Herstellung lässt sich  
dadurch erreichen, dass die Nocken (46') aus einem oder mehreren Profilstreifen  
10 durch Umformen, insbesondere Biegen, in Ringform und Verschweissen der freien  
Enden hergestellt sind.

(Fig. 23)



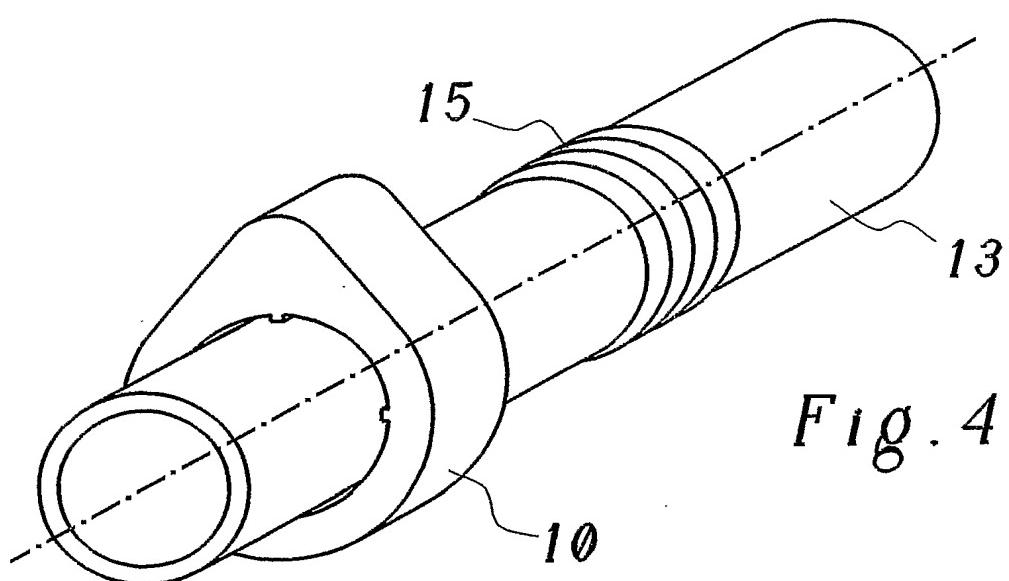


Fig. 4

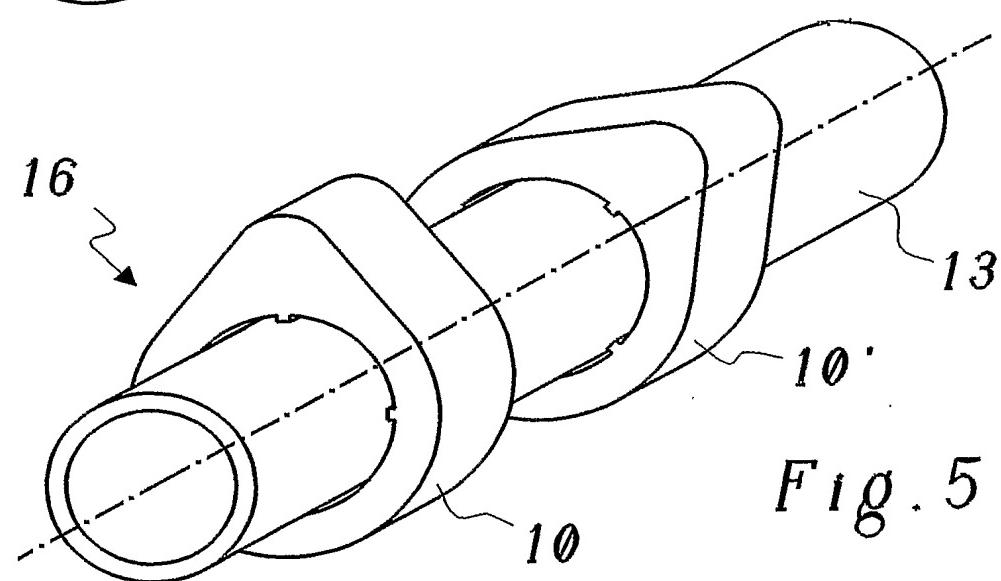
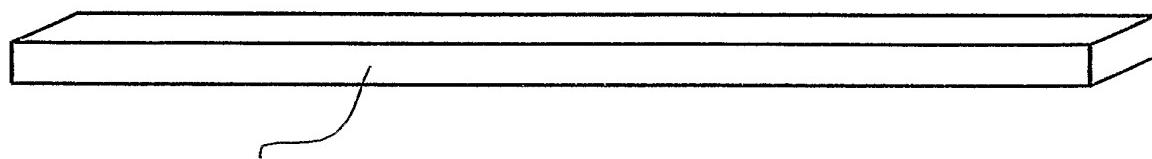


Fig. 5



17

Fig. 6

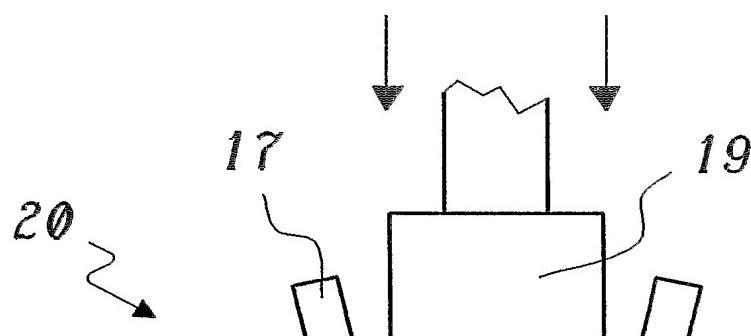
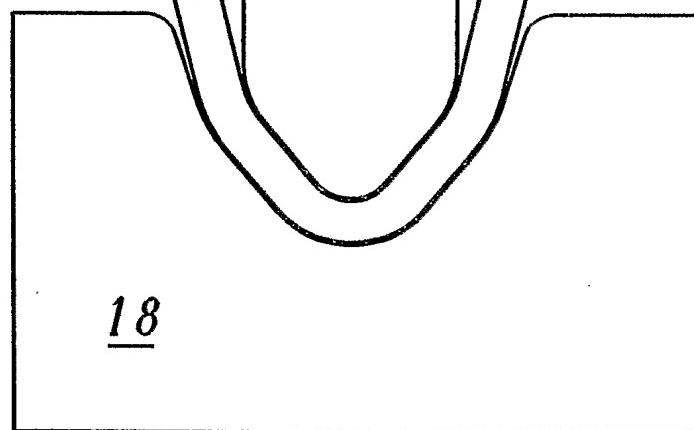


Fig. 7



18

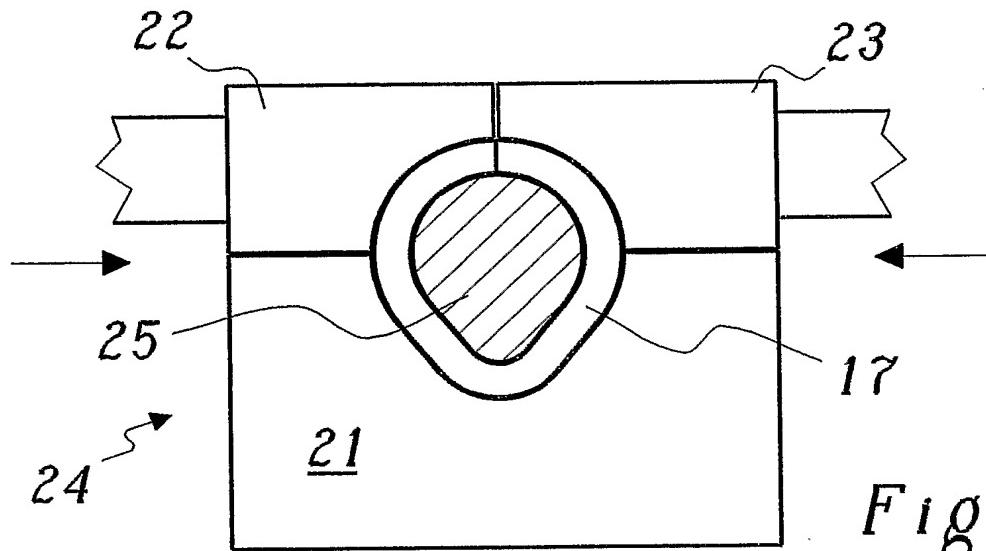


Fig. 8

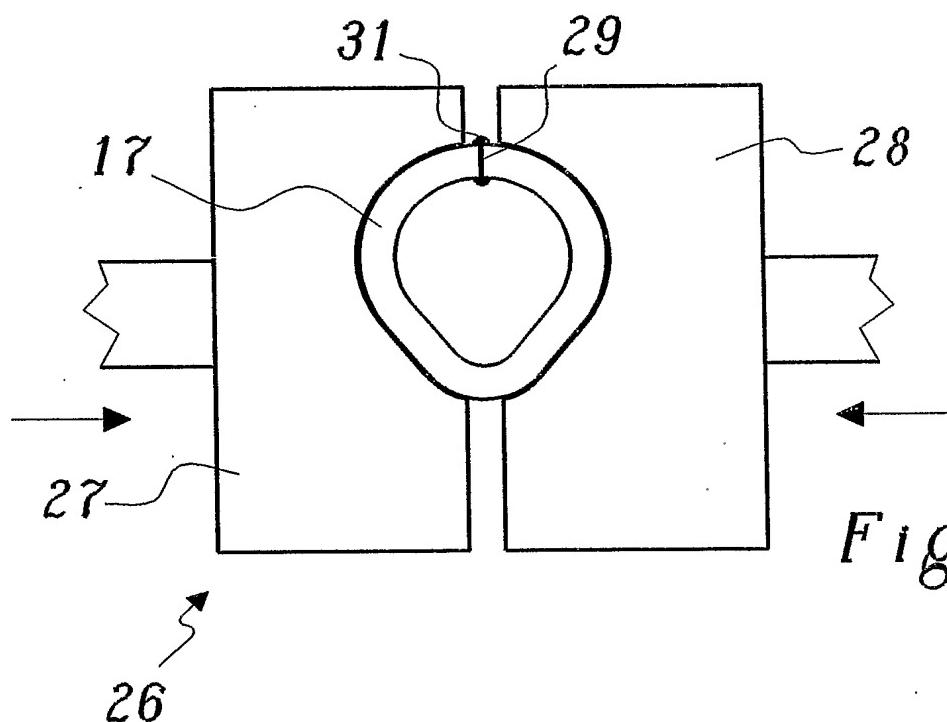


Fig. 9

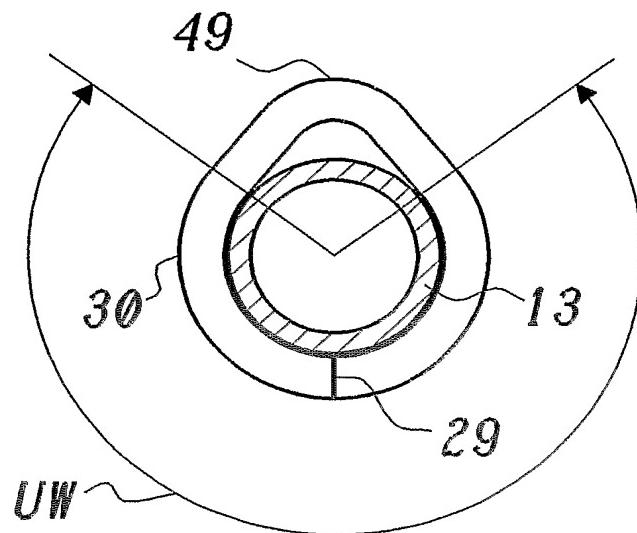


Fig. 10

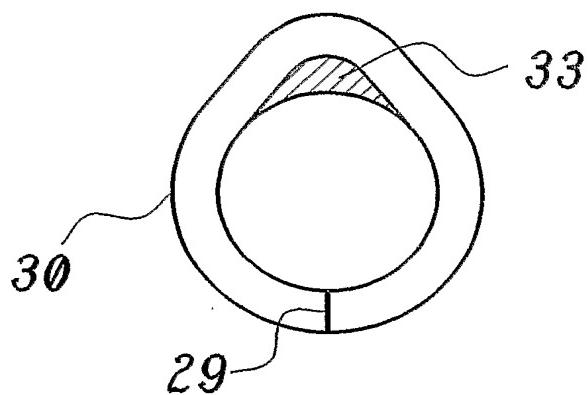


Fig. 11

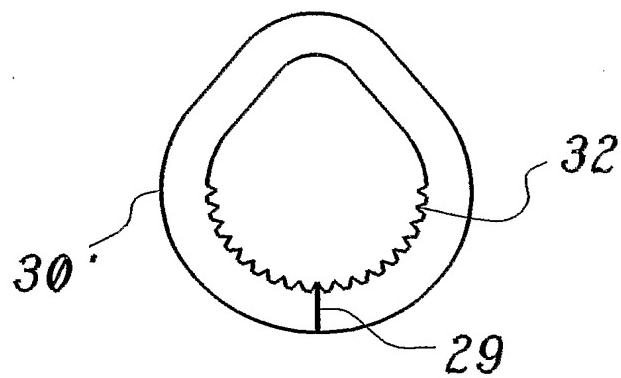


Fig. 12

Unveränderliches Exemplar

Exemplaire invariable

Esemplare immutabile

6/10

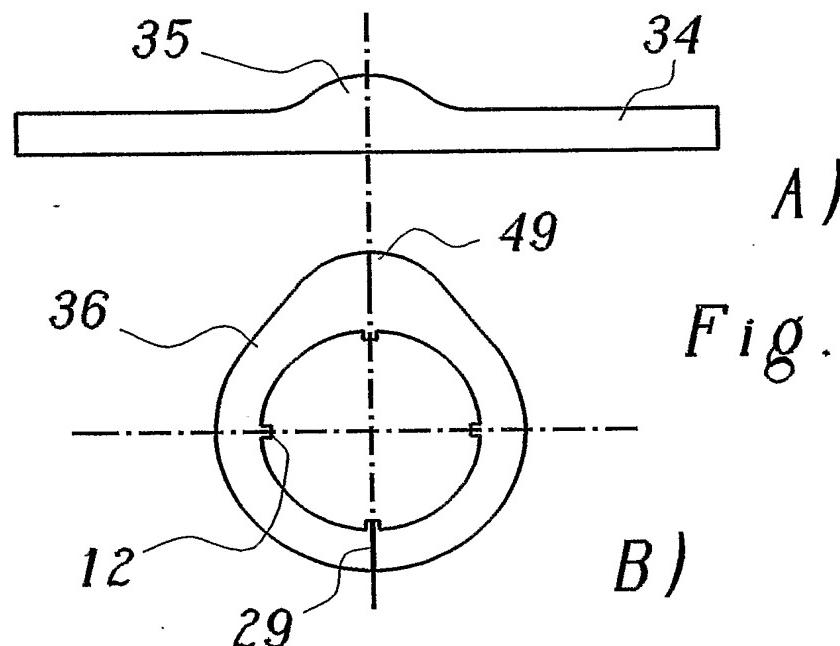


Fig. 13

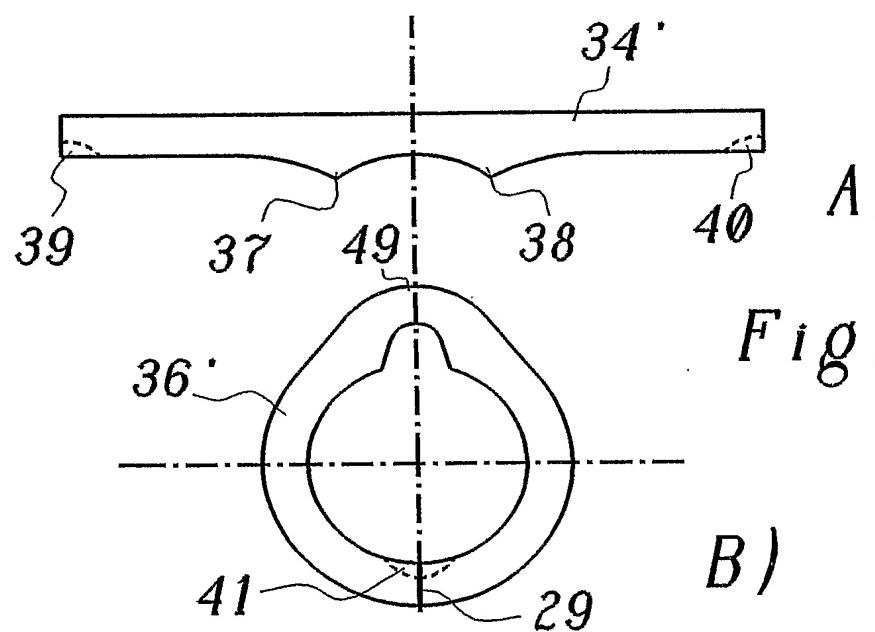


Fig. 14

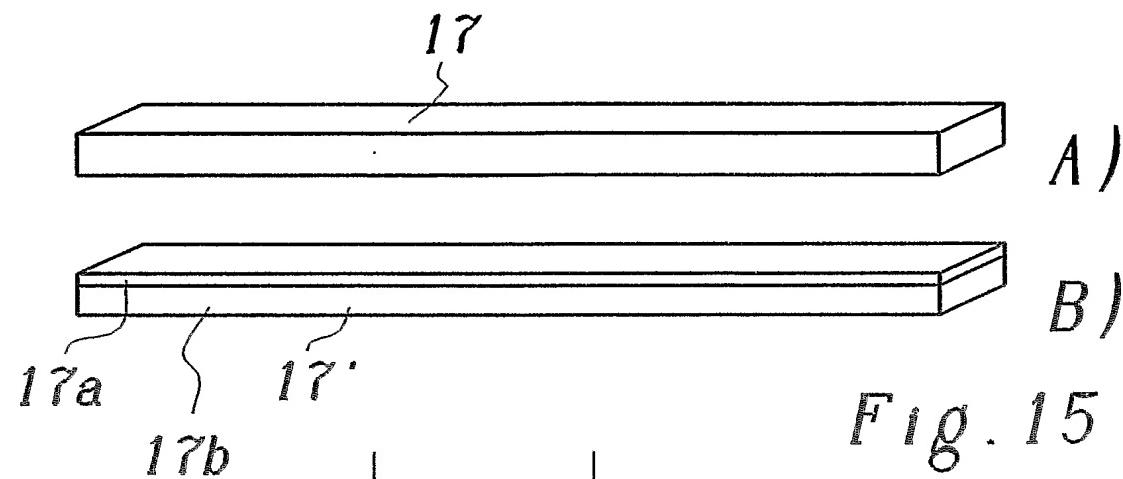


Fig. 15

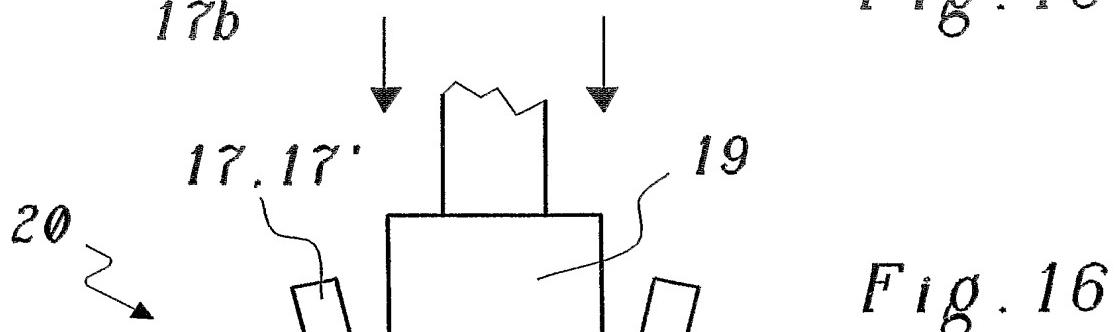
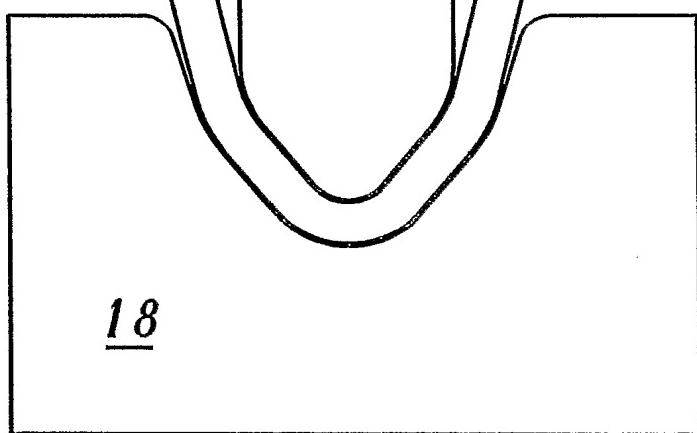


Fig. 16



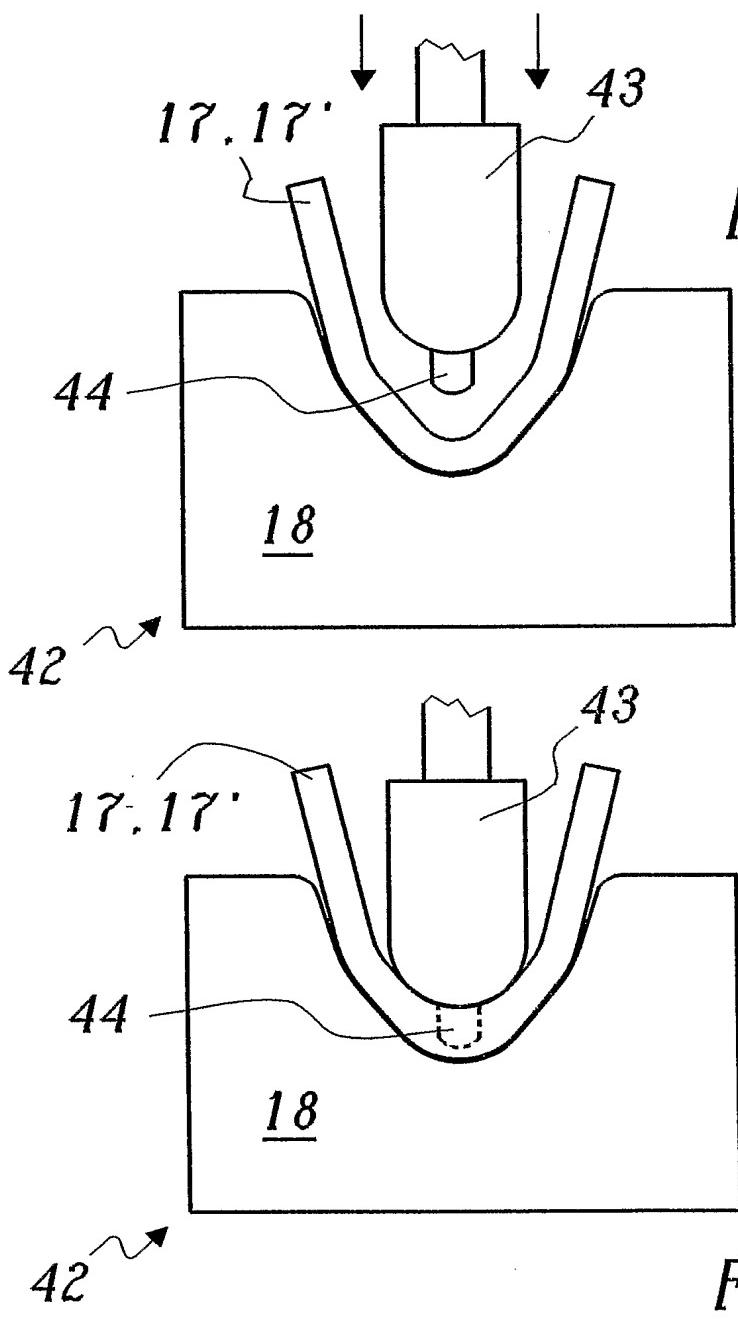


Fig. 17

Fig. 18

Fig. 19

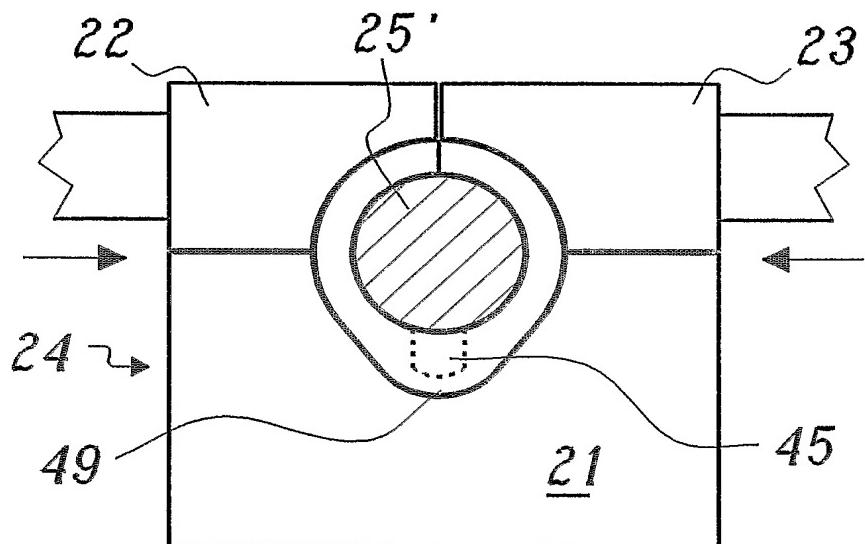


Fig. 20

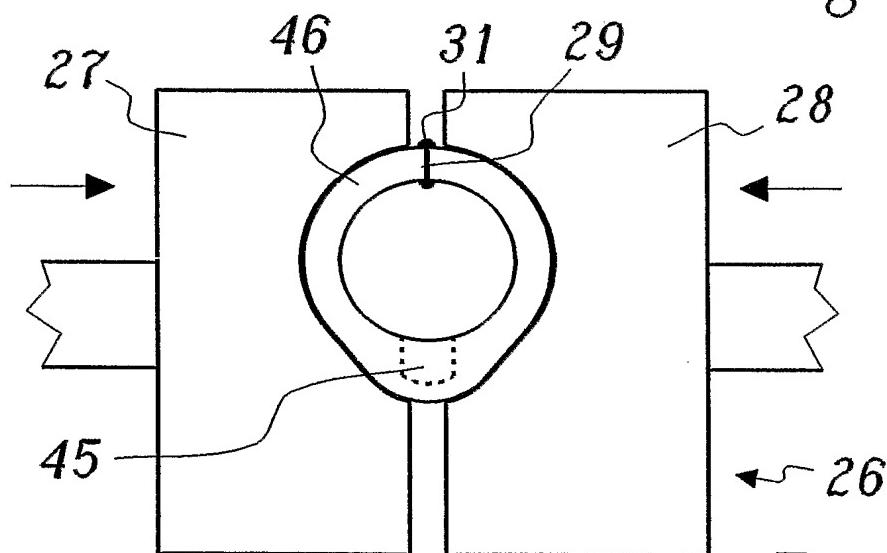


Fig. 21

